

学校编码: 10384  
学号: X2010221003

分类号\_\_\_\_\_密级\_\_\_\_\_  
UDC\_\_\_\_\_

厦 门 大 学

工 程 硕 士 学 位 论 文

# 基于最小一乘法的指纹识别算法研究

Research on fingerprint recognition algorithm based on the  
least absolute deviation

陈 晨

指导教师姓名: 曲延云教授

专 业 名 称: 计算机技术

论文提交日期: 2013 年 11 月

论文答辩时间: 2013 年 12 月

学位授予日期: 年 月

答辩委员会主席: \_\_\_\_\_

评 阅 人: \_\_\_\_\_

2013 年 月 日

# 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

# 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于        年        月        日解密，解密后适用上述授权。

（        ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年        月        日

## 摘要

随着计算机的普及,安全性成为现代计算机系统必须首先考虑的问题。尤其是网络用户个人身份的确认和权限的认定十分重要,用户身份验证问题是当前信息领域普遍关注的问题,在经济、社会安全和文化生活领域有着广泛的应用。传统的身份识别技术本质上是关于持有物或特定知识的认证,而不是验证其本人。一旦他人获得了特定持有物或知识,将拥有和失主同样的权力。特定持有物或知识的遗失和被盗,给社会和个人造成了巨大的损失。传统的身份识别已经无法满足人们在信息时代的安全需求。指纹因其本身具有的稳定性、唯一性、通用性、不可复制性、易采集性等独特优势,在身份识别领域得到广泛的应用。指纹识别技术作为一种最早被使用,应用最为广泛的技术,虽然已有许多指纹系统产品问世,但仍然不能得到某些特定的应用性能需求,如在线实时指纹识别系统、污损缺陷指纹识别系统等等。

本文针对指纹图像的特点,设计一种基于最小一乘法的指纹识别算法框架,并进行仿真实验。主要工作如下:

- 一、设计了一种指纹图像自适应归一化算法。
- 二、实现了一种基于局部图像块的 Gabor 滤波算法。本文将图像分成  $N \times N$  大小的图像块,分别计算图像块的方向场。根据图像块方向选择对应角度的 Gabor 滤波器。将图像块和方向 Gabor 滤波器卷积获得增强的图像块。该算法在保证图像增强效果的情况下,提高了算法执行效率。
- 三、提出了基于最小一乘法的指纹匹配算法。常用的指纹匹配算法依赖于图像质量的好坏,对于质量较差的指纹图像提取细节点,会产生许多伪细节点,影响了指纹识别的效果。此外,该类算法难以辨识污损缺陷的指纹,特别是中心点缺失的指纹。本文采用鲁棒的最小一乘拟合法提取指纹特征,形成特征编码。利用 1-范数计算输入指纹特征编码和模板特征编码的整体偏差。只要整体偏差值小于预先设定的阈值,就可以定义这两张指纹图像来自同一个手指。

**关键字:** 指纹识别;最小一乘法;Gabor 滤波;图像块主方向

## Abstract

With the popularization of computers, security has become the first consideration in modern computer systems. The confirmation of web users' personal identity and permissions is especially important. The matter of user authentication is the common concern in current information area, which has a universal application in the fields of economy, social security and cultural life. Traditional identity recognition techniques aim to identify holdings or specified knowledge in nature, but not validate the status. Once others obtain the specific holdings or knowledge, he/she will have the same rights as the owner. Lost and stolen specific objects or knowledge has caused great losses to the society and individuals. The traditional identification techniques have been unable to meet the security demands of people in the information age. Due to such unique advantages as stability, uniqueness, versatility, non-repeatability, easy collection and so on, the fingerprint has been widely used in the field of identity recognition. Fingerprint identification technique is used as a kind of the earliest, the most widely used one, although there have been many fingerprint system products, but still cannot meet the performance requirements of some specific applications, such as on-line real-time fingerprint identification system, stained and defected fingerprint identification system, etc.

This article directs against fingerprint image's characteristics, designs an algorithm framework of fingerprint identification based on least absolute deviation, and carries out simulation experiments. The main work is as follows:

I. This paper designed an adaptive normalization algorithm for fingerprint images.

II. This paper improve a Gabor filtering algorithm based on local image blocks. An image is divided the image into  $N \times N$  image blocks, and calculates their direction fields respectively. Then Gabor filter with corresponding to the main angles of an block is implemented on the block. This algorithm improves the execution efficiency.

III. The finger image is distinguished based on the least absolute deviation. Popular fingerprint match algorithms rely on the quality of the image, and extracting

minutiae from the bad-quality image will cause many false minutiae to affect fingerprint identification effect. Besides, this kind of algorithm is difficult to identify tainted and defected fingerprints, especially center-missing fingerprints. This paper adopts the robust least absolute deviation fitting method to extract minutia features, and form feature coding. Take advantage of 1-norm calculation to input the whole deviation of fingerprint feature coding and template feature coding, and the two fingerprint images can be defined to come from the same finger so long as the whole deviation value is smaller than the preset threshold value.

**Key Words:** Fingerprint identification; The least square method; Gabor filter; Main direction of image block

# 目录

<b>第一章 绪论</b>	<b>1</b>
1.1 研究背景	1
1.2 研究概况及分析	2
1.2.1 指纹学历史	2
1.2.2 研究现状	3
1.2.3 指纹识别的经典算法及分析	4
1.2.4 指纹识别技术的应用	6
1.3 论文的研究内容	6
1.4 指纹识别算法流程	7
1.4.1 指纹识别系统功能	7
1.4.2 指纹识别系统的工作流程	8
1.5 本论文结构	11
<b>第二章基于图像块主方向的 Gabor 滤波指纹图像预处理</b>	<b>12</b>
2.1 归一化算法	13
2.1.1 整体灰度归一化算法	13
2.1.2 改进的灰度自适应归一化算法的研究与实现	13
2.1.3 实验	14
2.2 指纹方向场	15
2.3 Gabor 滤波	17
2.3.1 基于偶对称 Gabor 滤波的图像增强	19
2.3.2 基于图像块主方向的 Gabor 滤波图像增强算法	21
<b>第三章基于最小一乘法的指纹匹配算法</b>	<b>23</b>
3.1 基于最小二乘法的指纹匹配算法	23
3.2 一种改进的基于最小一乘法的指纹匹配算法	24
<b>第四章 Matlab 仿真实验结果与分析</b>	<b>27</b>
4.1 Matlab 工具介绍	27
4.2 FVC2000 标准指纹库	27

4.3 实验结果与分析·····	29
4.3.1 实验步骤·····	29
4.3.2 实验内容·····	29
4.3.3 实验分析·····	33
第五章总结与展望·····	36
5.1 小结·····	36
5.2 系统的进一步改进·····	36
参考文献·····	37
致谢·····	39
附录·····	40



## Contents

<b>Chaper 1 Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1Research background.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2Research and analysis.....</b>	<b>2</b>
1.2.1 History of fingerprint study .....	2
1.2.2 Research status.....	3
1.2.3 Classic algorithms of fingerprint identification.....	4
1.2.4 Application of fingerprint identification technology...6	
<b>1.3 The research content.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Fingerprint identification work flow.....</b>	<b>7</b>
1.4.1 Function for fingerprint identification system.....7	
1.4.2 Fingerprint identification system work flow.....8	
<b>1.5The structure of this paper.....</b>	<b>11</b>
<b>Chaper 2 Fingerprint image preprocessing .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Normalization.....</b>	<b>12</b>
2.1.1 The whole gray normalization algorithm.....	13
2.1.2 Research and implementation of adaptive gray-scale normalization algorithm.....	13
2.1.3 Test.....	14
<b>2.2 Calculation of orientation field map .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Gabor filter.....</b>	<b>17</b>
2.3.1 Symmetric image enhancement based on Gabor filter.....	19
2.3.2 An improved Gabor algorithm.....	21
<b>Chaper 3 Matching algorithm for fingerprint.....</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Matching algorithm for fingerprint based on least squares.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Matching algorithm for fingerprint based On least l1 norm.....</b>	<b>24</b>
<b>Chaper4 Analysis of MATLAB simulation results.....</b>	<b>27</b>
<b>4.1 MATLAB tools.....</b>	<b>27</b>

4.2 The FVC2000 standard fingerprint database.....	27
4.3 The experimental results and analysis.....	29
4.3.1 Experimental procedure.....	29
4.3.2 Experiment content.....	29
4.3.3 Experimental analysis.....	33
<b>Chaper5 Conclusion and prospect.....</b>	<b>36</b>
5.1Summary.....	36
5.2 Further improvement of the system.....	36
<b>References.....</b>	<b>37</b>
<b>Acknowledgement.....</b>	<b>39</b>
<b>Appendix .....</b>	<b>40</b>

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景

身份是个体成员交往中识别个体差异的标志和称谓，它是社会秩序的基石。在传统中国社会里，社会结构及运作的基本单位是身份的而不是个人的。因此个人身份的确认和权限的认定尤为重要，关系到人们的经济、社会和文化生活。随着网络时代的到来，因特网使人际交往突破了时间和距离的限制，人们通过网络从事社会交往和经济活动愈趋频繁。人们在获得方便的同时，也感受到了恐慌——由于网络交往的间接性，身份的界定变得模糊，甚至不知道网络那一端坐着一条狗。基于网络安全性的考虑，急需一种可靠的身份识别手段对网络用户进行身份认证。

现行的许多计算机系统中，身份识别主要有：基于标记方式和基于口令方式。基于标记的方法是指拥有特定的身份鉴别持有物来获得个人身份认证，例如护照、驾照、身份证、信用卡、钥匙、工作证等。基于口令方式是指通过特定的身份鉴别知识来获得认证，例如口令、密码、数字证书、USB-KEY、经历、挑战应答等手段。从本质上说，这些认证方法验证的是该人持有的某种“物”或知识，而不是验证其本人。只要“物”或知识的有效性得到确认，则持有该“物”或知识的人的身份也就随之得到确认。传统身份识别的方法隐含着一些问题：如，身份证、护照等特别持有物容易丢失、被人盗用或没有携带；数字证书、USB-KEY令牌管理难，更新复杂；密码则容易被遗忘或容易被窃取和破译。统计报告显示因密码丢失或者盗窃造成的损失巨大。当前计算机系统的安全性问题已经成为许多行业的主要问题。传统的身份识别已经无法满足人们日益增长的需求。由于人体生物特征的身份识别技术因其唯一性、不变性、不可复制性、通用性、可靠性正逐渐成为研究热点并被广泛应用。

人的生物特征分为身体特征和行为特征。身体特征包括：指纹、掌纹、视网膜、虹膜、人脸毛细血管分布、手掌血管纹理和 DNA 等。行为特征包括：签名、步态、语音等。在众多生物特征中，指纹识别是最为成熟、应用最广的生物识别技术。鉴于指纹具有：<sup>[1]</sup>

- (1) 普遍性：每个人都有指纹。
- (2) 唯一性：每个人的指纹都是独一无二的。

- (3) 不变性，每个人在出生 9 个月后，指纹就很难发生变化。
- (4) 易防伪性：不容易被复制或盗用。
- (5) 易接受性：不易遗忘或者丢失。
- (6) 容易采集，价格低廉，适用范围广泛。
- (7) 指纹模板存储容量较小，能够满足实时、在线需求。

等特性，是一种比较理想的身份识别技术。

近年来，随着电子技术的不断发展，更小更廉价的指纹输入设备、计算能力更强更廉价的硬件设备的出现，进一步拓宽了指纹识别系统的应用。目前指纹识别技术已经在警用系统、金融证券、电子商务、IT 行业、安防、考勤等多个领域中被广泛应用。虽然，指纹识别技术的研究已经取得了很大的进展，但是目前仍然存在一些算法上的问题有待进一步研究，如在线实时指纹识别系统、多种指纹识别算法的集成应用、污损缺陷指纹识别系统等等。

## 1.2 研究概况及分析

### 1.2.1 指纹学历史

自古，人类就将指纹识别作为一种可靠的身份验证手段。早在公元前 7000 年，在古叙利亚和中国，就已经开始使用指纹签定契约。现代指纹技术起源于 16 世纪末。

1684 年，英国人 N. Grew 系统的研究了指纹的脊线、谷线和毛孔结构。从此，大量的研究者开始致力于指纹识别技术的研究。

1788 年，Mayer 详细的描述了指纹的解剖结构，提出了大量的指纹脊线特征。

1823 年，珀金杰(J. Purkinie)首次将指纹纹线分成了 9 类。

1880 年，福尔茨(Henry Fauld)发表了指纹认证的论文，第一次科学地提出了指纹的个体性和惟一性。指纹惟一性的发现，使得指纹作为一种更为有效的鉴别方法而得到采用。

1889 年，亨利(E. R. Henry)在总结前人研究成果的基础上，提出了基于指纹细节特征识别(Minutia-Based)的理论，并提出了用指纹识别来进行确定罪犯身份的设想，从而奠定了现代指纹学的基础。建立了用于指纹分类的著名的“Herry 系统”，该系统在 1896 年被阿根廷首次应用，在 1901 年被英国政府正式采用。

1892 年，英国的弗朗西斯·盖尔顿(Francis Galton)在他的著作

《Fingerprint》中，向世人介绍了用于单个指纹分类的细节特征，首次系统地阐述了指纹学，完善地建立了一整套指纹识别的方法，并且用于刑事侦察中对犯罪嫌疑人的甄别和鉴定。20 世界初期，指纹识别通过法律强制措施作为一个有效的个人认证方式正式被公众接受，并且成为法庭庭辨中的标准过程。指纹认证机构、犯罪指纹数据库在世界各地建立。<sup>[1]</sup> 20 世纪 60 年代，由于计算机可以有效地处理图形图像，人们开始着手研究利用计算机处理指纹的方法。FBI 开始了指纹的自动识别。自动指纹识别系统的研究和应用陆续在许多国家展开。70 年代，美国政府派 Scandia Labs 调查各种生物特征识别技术，结论是指纹识别是最具潜力和准确率最高的识别技术，这一调查使得大批研发工作集中到指纹识别算法和系统集成上来。80 年代，个人电脑和光学扫描这两项技术的革新与发展，指纹采集工具发生质的飞跃，从而使指纹识别可以在其它领域中得以应用。90 年代后期，低价位取像设备的引入及其飞速发展，以及可靠的比对算法的研究发展，为个人身份识别应用的发展提供了舞台，也为指纹识别算法提出了新的挑战和要求。<sup>[2]</sup>

### 1.2.2 研究现状

最近几年，指纹识别技术的研究趋向低成本、小型化方向发展。指纹识别技术从警用走向民用，从专用走向公用，逐渐成为人们关注的前沿高科技之一，被应用与门禁系统、银行系统、考勤系统、家庭保安、高级宾馆、代保管库、医疗保障系统、计算机系统安全、自动提款机、出入境检测等领域。已成为当前国内外学术界和商业界研究和开发的热点之一。

目前，利用计算机进行指纹识别的技术在国外已比较成熟，并且已经开始大规模推广。许多大公司有专门的机构从事该项技术的研究、开发、应用，包括 IBM、Intel、Microsoft、Motorola、Identix、Digitalpersona、Veridicom、BAC、韩国现代、法国 THOMSON—CSF、台湾 Aetex 公司等，其中 Identix 公司在生物识别技术领域独树一帜。

我国指纹识别技术的发展起步较晚，相对于美国、日本等发达国家还有一定差距。在 90 年代初，国内首次出现指纹识别产品，进入核心技术和相关产品研发阶段。自 1998 年起，我国在指纹识别系统研发方面得到了较大的发展，开始独立研究开发指纹识别系统。2000 年后，逐渐形成了由核心算法供应商、指纹

模块供应商、指纹产品供应商和指纹产品经销商构成的指纹识别产业。2004 年后, 指纹识别产业从传统的警用领域, 进入信息安全甚至金融支持领域, 为越来越多的民众所关注。

### 1.2.3 指纹识别的经典算法及分析

随着科技的发展, 对于指纹识别技术的研究也在不断的推进, 对于指纹识别算法的研究主要集中在以下的几个方向:

#### 1. 指纹图像增强

由于采集到的指纹图像有相当一部分是质量差的。在不同文献中对于差质量的指纹图像的特征提取算法一直不令人满意。人们对预处理的算法进行了大量的研究, 设计了许多高效的滤波器来进行图像增强。

O' Gorman 提出一种方向自适应滤波方法<sup>[3]</sup>。该算法将滤波器和局部的指纹纹路方向重合以实现指纹图像滤波。其中, 需要预先估计指纹图像的纹路方向和预设纹路的阈值范围。如果纹路宽度超过了预先设置的范围, 算法就会失效。

Kamei T. 则提出了一种基于傅里叶变换的指纹图像增强方法<sup>[4]</sup>, 这种算法利用两个分离的滤波器组分别处理纹路和局部方向, 同时定义一个能量函数来选择图像特征, 比如频率和方向, 然后通过选择图像特征最小化能量函数, 增强的函数由滤波图像重构产生。但是由于滤波器组的数量非常大, 这种算法非常耗时。

B. C Sheriack 提出了另一种基于方向傅里叶滤波器的方法<sup>[5]</sup>。该算法首先根据不同的纹路方向和纹路宽度设计一种分离滤波器组, 然后分别利用不同的滤波器对图像滤波并得到一组滤波图像, 最后利用局部纹路方向将不同的滤波图像进行重组来重建滤波图像。在这种算法中, 当取非常大的滤波器组, 算法就能取得很好的效果, 但同时算法的性能会急剧下降。

Xiping Luo 等人用基于规则的方法对指纹图像进行增强工。

A. J. Willis 等人提出一种基于 FFT(离散傅氏变换的快速算法)的指纹图像增强和平滑方法<sup>[6]</sup>, 该方法能够在质量较差的图像上取得较好的增强效果, 但是容易产生虚假的端点或分叉点, 并且滤波器的参数直接依赖于图像。

W. K. Lee 等人利用小波变换对指纹图像进行增强, 算法首先利用小波变换将图像进行分解, 然后对小波变换后的子带, 分别进行全局纹理滤波和局部方向补偿以实现图像增强。

综上所述, 滤波器对图像增强的效果将紧紧依赖于两个参数: 指纹的局部纹路方向与脊线频率。

## 2. 指纹特征提取

指纹特征分为两类: 全局特征和局部细节特征。全局特征包括: 纹理特征、中心点、三角点等, 它们提供了对指纹纹路的全局的描述。指纹的局部细节特征包括: 端点、分叉点、孤立点、洞和桥等。

黄战华等人提出一种基于多通道 Gabor 滤波的纹理提取方法<sup>[7]</sup>。该算法基于 Gabor 滤波器对空间频率的带通滤波能力以及方向、形状、带宽和通带中心频率的可调节特性, 构造了多通道 Gabor 滤波器组提取每种纹理对应的主要频率成分, 提取的频率成分经过频-时域变换就实现了纹理提取。但是该方法在指纹图像边缘处提取的纹理比较模糊, 存在虚假纹理成分。

袁华强等提出了一种基于 Bezier 曲线曲率的指纹特征提取算法<sup>[8]</sup>, 对指纹特征进行描述。算法对指纹图像特定区域中的纹线进行跟踪, 并用 Bezier 曲线来拟合跟踪过的指纹纹线, 最后使用 Bezier 曲线上曲率取极值的点来定义指纹特征点。此算法对噪声不敏感, 但是当控制点个数较多时, 算法执行效率较低; 另外该算法依赖于选取的特定区域, 当这部分区域缺失或存在较强噪声时, 算法将无法执行。

孟祥萍等提出了一套基于轮廓的指纹特征提取和匹配算法, 此算法利用指纹的总体结构特征, 提高了匹配的正确率。<sup>[9]</sup>

## 3. 特征匹配

指纹特征的匹配算法主要有基于纹理特征的匹配算法和基于细节特征点匹配算法。目前发展比较成熟的是基于细节特征点匹配的算法。细节点匹配算法是提取出待识别指纹纹线的端点与分叉点的信息, 包括位置坐标和方向, 与模板指纹的这些信息进行比对, 从而转化为两个点的集合的匹配。

漆远等利用分层匹配的思想, 提出了一种根据指纹细节点结构特征进行初匹配的算法, 并将遗传算法应用于更高层次的点模式匹配问题中。<sup>[10]</sup>

祝恩等提出了基于多参考节点整体对齐的指纹节点匹配方法, 该方法先用多对参考节点将两个指纹对齐, 然后再评估两组节点的匹配程度。<sup>[11]</sup>

尹义龙等将计算几何的三角划分方法引入指纹匹配, 研究了一种基于

DT(Delaunay triangulation)网的指纹匹配方法. 通过对细节节点的拓扑结构进行DT划分, 把空间上位置相近的细节节点按照一定规则相连, 得到三角形网格. 然后基于该网格寻找若干参考点对, 并根据获得的参考点对将两幅指纹图像进行姿势调整. 最后使用获得的参考点对实现基于点模式的指纹匹配。<sup>[12]</sup>

#### 1.2.4 指纹识别技术的应用

指纹识别的应用非常广泛。过去由于指纹识别的应用成本很高, 以及它对运行环境也有着的特殊的要求, 所以指纹识别的应用在相当长的一段时间内主要限于刑侦领域, 又称警用领域。但随着科学技术的不断进步, 半导体传感器的出现, 计算机图像处理和模式识别理论以及大规模集成电路技术的不断发展与成熟, 指纹自动识别系统的体积不断缩小, 指纹识别系统的价格也不断下降, 促使它走进了民用的领域。欧美国家的很多部门利用指纹验证身份, 如: 交通部门要求司机差距指纹; 银行要求用户留下指纹。我国也开始将指纹识别技术应用与金融、保险、保安等领域。

典型的脱机应用有: 指纹锁、指纹识别手机、指纹保险柜、指纹识别笔记本、指纹考勤系统等。指纹验证身份证、指纹网上银行、指纹自动取款机等都属于指纹识别的联机应用。

相信随着指纹识别技术的发展成熟, 以及它应用的成本越来越低, 指纹识别技术会越来越广泛地应用到我们日常生活中来。

### 1.3 论文的研究内容

本文的研究目标是在指纹图像中提取有效的指纹纹理特征模板, 并利用基于最小一乘法的特征模板设计准确、高效的指纹匹配算法, 使之能够解决基于纹理特征的指纹匹配算法中的一些关键性的问题: 归一化处理, 指纹图像增强处理, 纹理特征提取, 并且对污损缺陷指纹有较高的识别率和鲁棒性。

本文的主要研究内容如下:

1. 研究和分析了指纹图像归一算法, 提出和实现了改进的自适应归一化算法;
2. 重点研究了 Gabor 滤波图像增强算法的, 设计了在此基础上的改进算法。将图像分成  $N \times N$  大小的图像块, 分别计算图像块的方向场。根据图像块方向所在的区间选择对应角度的 Gabor 滤波器。将图像块和方向 Gabor



Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库